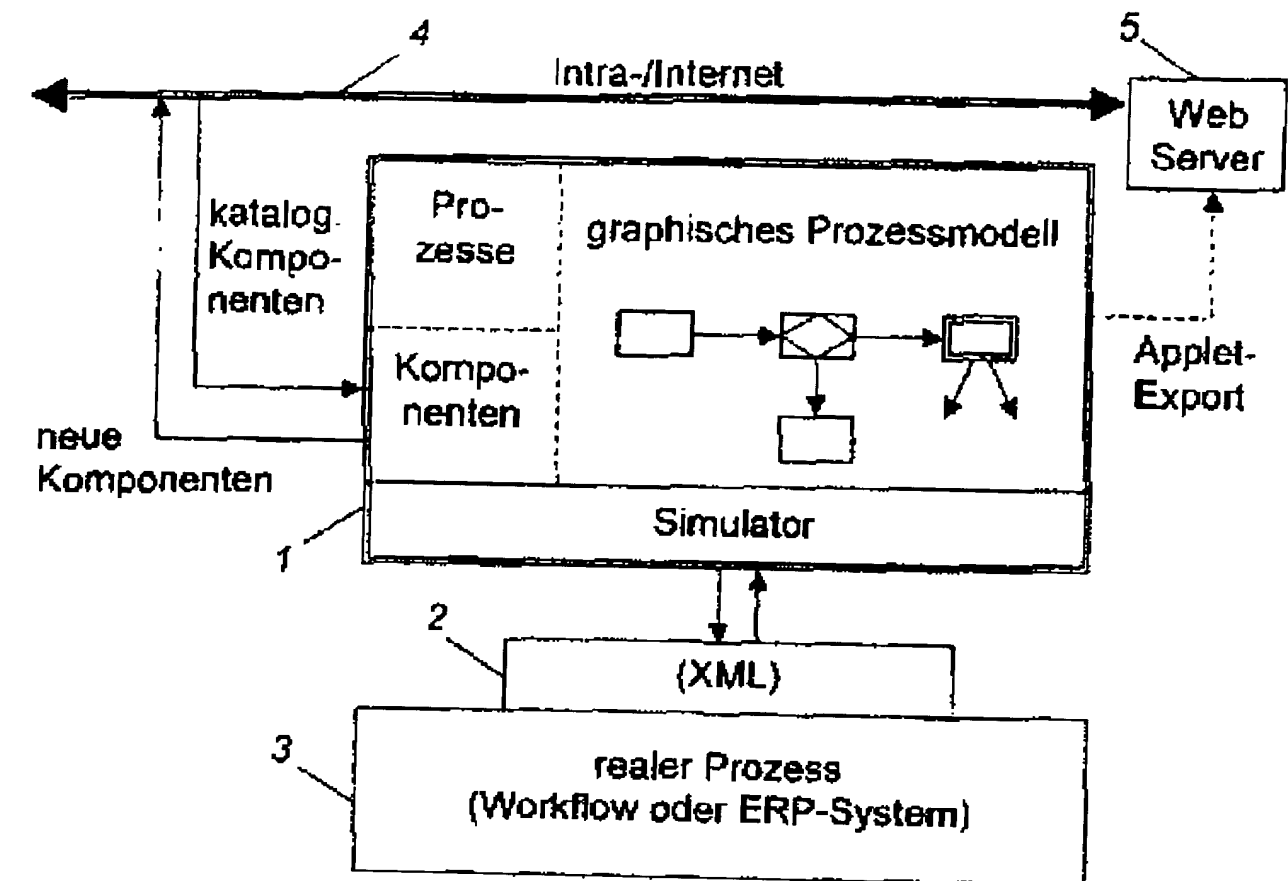


AN: PAT 2001-063892  
TI: Information technology system for controlling processes  
consisting of discrete events by simulating and/or optimizing  
processes using model operating independently of real process  
PN: **EP1061422-A1**  
PD: 20.12.2000  
AB: NOVELTY - The method involves coupling process models and  
real processes using information technology. The process model  
is operated independently of the real process, to simulate  
and/or optimize processes and process modifications. A process  
realized in the process model can be selectively integrated  
into the real process, either completely or partially. The  
process model may provide a visual, animated representation of  
the modelled process. The representation may be displayed  
and/or exported in the form of a Java applet. DETAILED  
DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is included for a method of  
operating an information technology system for modelling,  
simulation, optimization and/or control of discrete processes.;  
USE - For discrete event dynamic systems, e.g. electronic  
commerce. ADVANTAGE - Allows design, optimization and  
automation of processes which cannot be described by  
differential equations. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing  
shows a view of the system.  
PA: (IVYT-) IVYTEAM AG;  
IN: BUETLER B; KUENZI U; LIENHARD H; PENTUS M; POLI M; WEISS R;  
FA: **EP1061422-A1** 20.12.2000;  
CO: AL; AT; BE; CH; CY; DE; DK; EP; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT;  
LI; LT; LU; LV; MC; MK; NL; PT; RO; SE; SI;  
DR: AL; AT; BE; CH; CY; DE; DK; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LI;  
LT; LU; LV; MC; MK; NL; PT; RO; SE; SI;  
IC: G05B-017/02;  
MC: T06-A07B;  
DC: T06;  
FN: 2001063892.gif  
PR: EP0810520 11.06.1999;  
FP: 20.12.2000  
UP: 12.02.2001

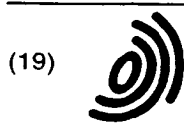






01P 17672

31



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 061 422 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
20.12.2000 Patentblatt 2000/51

(51) Int Cl.7: G05B 17/02

(21) Anmeldenummer: 99810520.9

(22) Anmeldetag: 11.06.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: IvyTeam AG  
6304 Zug (CH)

(72) Erfinder:

- Lienhard, Heinz Dr. h.c.  
6300 Zug (CH)
- Bütler, Bruno  
5643 Sins (CH)

• Poli, Marco

6343 Rotkreuz (CH)

• Weiss, Reto

6403 Küssnacht (CH)

• Künzi, Urs-Martin

8049 Zürich (CH)

• Pentus, Mati

117192 Moscow (RU)

(74) Vertreter: Barth, Carl Otto

Barth &amp; Partner

Zürichstrasse 34

8134 Adliswil/Zürich (CH)

## (54) Informationstechnisches System zur Definition, Optimierung und Steuerung von Prozessen

(57) Die Erfindung betrifft eine Computeranwendung auf dem Gebiet der Steuerung, Überwachung, Modifikation und/oder Optimierung real ablaufender Prozesse diskreter Ereignisse ("discrete event dynamic systems"), die üblicherweise nicht durch Systeme von Gleichungen, insbesondere Differentialgleichungen, beschreibbar sind. Derartige Prozesse treten beispielsweise bei technischen Entwicklungen wie auch bei anderen Geschäftsvorgängen im industriellen oder tertiären Bereich auf. Ein solcher realer Prozess wird in ei-

nem Prozessmodell abgebildet, das mittels mindestens einer Schnittstelle mit dem realen Prozess verbunden ist. Ist/sind letztere bidirektional ausgebildet, können einerseits reale Prozessdaten direkt, d.h. ohne Datenkonversion, ins Modell übertragen und damit der reale Prozess überwacht werden; es können im Modell Simulationen mit veränderten Prozessdaten durchgeführt werden; schliesslich sind bei erfolgreichem Ergebnis der Simulation die Prozessmodifikationen unmittelbar auf den realen Prozess übertragbar.

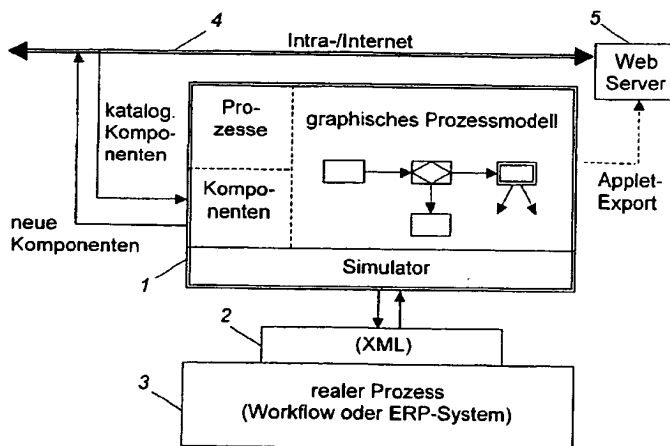


Fig. 1

## B schreibung

### Technisches Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der Computeranwendung zur Simulation und/oder Steuerung von realen Prozessen, insbesondere von solchen Prozessen, die als Abläufe diskreter Ereignisse stattfinden. Im Englischen wurde dafür der Begriff "discrete event dynamic systems", kurz DEDS, geprägt. Derartige Prozesse treten beispielsweise bei technischen Entwicklungen wie auch bei anderen Geschäftsvorgängen im industriellen oder tertiären Bereich auf. Auch das Verhalten verteilter Anwendungen auf dem Intra-/Internet-Sektor, insbesondere von Systemen und zugehöriger Software für den sog. "electronic commerce", basiert auf solchen diskreten Prozessen und lässt sich mit der Erfindung in neuartiger Weise definieren und optimieren. Die dabei entstehenden Prozessmodelle können in neuartiger Weise unmittelbar für das Monitoring und die System-Steuerung verwendet werden.

### Stand der Technik

**[0002]** Ähnliche Ansätze für Computeranwendungen auf Prozesse sind aus dem Bereich der Steuerung industrieller Fertigungsprozesse bekannt, beispielsweise in der chemischen Industrie. Solche Prozesse sind meist durch Systeme von Gleichungen, insbesondere Differentialgleichungen, beschreibbar, welche dann in einem Modell abgebildet werden und so zur Steuerung herangezogen werden können. Auch Gebäudeleitsysteme sind heute vielfach computerisiert und werden mittels Modellierung und Simulation entworfen.

**[0003]** Beispielsweise befasst sich ein mehrteiliger Artikel von K. Pearson "Characterizing Complicated Systems" im SGA-Bulletin No. 24 vom Dezember 1998, Januar und Februar 1999, herausgegeben von der Schweiz. Gesellschaft für Automatik/SGA mit Prozessen, und zwar mit "model-based control ..., particularly in the area of industrial process control ...". Darin wird ein Destillations-Prozess erwähnt, der durch ca. 350 Differentialgleichungen beschrieben werden kann. Einen Ansatz, der für derartige, mathematisch beschreibbare kontinuierliche Prozesse geeignet ist, auf andere, insbesondere diskontinuierliche, mathematisch nicht ohne weiteres beschreibbare Prozesse anzuwenden, ist offensichtlich nicht ohne weiteres möglich.

**[0004]** Auch das US Patent 4 965 742 von Skeirik beschreibt eine Prozess-Steuerung, bei der die modulare Software vom Benutzer, die die Prozessüberwachung implementiert, ohne Unterbrechung der Überwachung revidiert und geändert werden kann. Dies ermöglicht eine flexible und vor allem schnelle Anpassung der Prozess-Steuerung an geänderte Umgebungsbedingungen. Diese Prozess-Steuerung ist allerdings für die Überwachung und Steuerung eines im wesentlichen kontinuierlichen Prozesses gedacht, der also beispiels-

weise mathematisch durch ein System von Gleichungen, ggf. Differentialgleichungen, beschrieben werden kann. Für sog. diskrete Prozesse, d.h. Prozesse aus einer Abfolge diskreter Ereignisse, wie Geschäfts- oder Planungs- und Entwicklungs-Prozesse, ist ein solches System allerdings ungeeignet. Derartige Prozesse lassen sich nicht in der bekannten Art steuern und überwachen; es können kaum Sensoren und Aktuatoren wie Temperaturfühler oder Stellventile sinnvoll eingesetzt werden.

**[0005]** Die vorliegende Erfindung löst nun die Aufgabe, solche diskreten Prozesse, die üblicherweise nicht wie kontinuierliche Prozesse durch Differentialgleichungen beschrieben werden können, sondern aus Abläufen diskreter Elemente oder Schritte bestehen, zu entwerfen, zu optimieren und zu automatisieren. Derartige Prozesse können recht kompliziert sein. Erwähnt seien hier die (technischen) Systemabläufe in der Informationstechnologie, z.B. beim sog. e-Commerce. Aber auch Prozesse (oder Abläufe) mit nur mittelbarem Bezug zur Technik in Unternehmen und anderen Organisationen fallen in diese Kategorie.

### Die Erfindung

**[0006]** Kurz gesagt ist es Aufgabe der Erfindung, ein informationstechnisches System zu schaffen, das in der Lage ist, diskrete Prozesse, d.h. Abläufe diskreter Ereignisse, zu steuern, zu simulieren, zu optimieren und/oder zu überwachen.

**[0007]** Im wesentlichen kann die Erfindung beschrieben werden als ein informationstechnisches System zur Steuerung von Prozessen, insbesondere von Prozessen, die aus Abläufen diskreter Ereignisse bestehen, wobei ein Prozessmodell einem realen Prozess entspricht oder ihn abbildet. Dabei können Prozessmodell und realer Prozess über mindestens eine Schnittstelle, vorzugsweise eine standardisierte Schnittstelle, informationstechnisch gekoppelt sein. Über diese Schnittstelle kann nun ein direkter Datenaustausch zwischen Prozessmodell und realem Prozess erfolgen. Vorzugsweise eignet sich dazu ein gängiges Standardformat wie XML, ein weit verbreitetes Internetformat. Durch die direkte informationstechnische Kopplung wird jedwede aufwendige und daher meist ineffiziente Datenkonvertierung vermieden.

**[0008]** Erfindungsgemäss kann nun das Prozessmodell einerseits unabhängig vom realen Prozess betrieben werden, andererseits mit dem realen Prozess gekoppelt werden. Ersteres, nämlich der unabhängige Betrieb, macht das System zur Simulation von Prozessmodifikationen und/oder zur Optimierung des Prozesses geeignet und ist besonders vorteilhaft, wenn der reale Prozess nicht unterbrochen werden soll oder darf. In einem solchen Fall kann die Prozessmodifikation im Prozessmodell (ohne Unterbrechung des realen Prozesses) geprüft und, wenn die Modifikation für gut befunden wurde, kann sie über die Schnittstelle in den realen Pro-

zess ganz oder teilweise integriert werden.

[0009] Wie gesagt, erlaubt das erfindungsgemässe System aber auch die Ankopplung des Prozessmodells an den laufenden realen Prozess, indem das Prozessmodell, gesteuert über die Schnittstelle sozusagen parallel zum realen Prozess mitläuft, d.h. relevante Systemzustands-Information erhält. Damit ist einerseits eine permanente Überwachung und Kontrolle des ablaufenden realen Prozesses möglich. Wenn die Schnittstelle zwischen Prozessmodell und realem Prozess bidirektional ausgebildet ist, wird damit sogar eine unmittelbare Beeinflussung des realen Prozesses ermöglicht. Auf diese Weise können beispielsweise Prozessmodifikationen, die erfolgreich im Prozessmodell simuliert wurden, unmittelbar in den realen Prozess übertragen, d.h. angewandt werden. Aufgrund des momentanen Systemzustandes und beobachteter Eingangsstatisik kann in vielen Fällen auch ermittelt werden, was zukünftig geschieht und welche Massnahmen ergriffen werden müssen, um erwünschte Resultate zu erreichen.

[0010] Die Erfindung kann beispielsweise mit "Workflow Management Systemen" angewandt werden, für die bisher keine derartigen, eng gekoppelten Lösungen existieren. Solche Workflow Management Systeme wurden beispielsweise beschrieben von S. Joosten, G. Aussems, M. Duitshof, R. Huffmeijer und E. Mulder, in "WA-12: An Empirical Study about the Practice of Workflow Management", Research Monograph, University of Twente, ISBN 90-365-0683-2, 1994.

[0011] Wie oben bereits erwähnt, kann das neue Tool aber auch ohne unmittelbare Ankopplung an einen realen Prozess verwendet werden. Wegen seiner einfachen und sinnreichen Handhabung bietet es dabei Vorteile gegenüber bekannten Lösungen. Insbesondere ist es durch seine Struktur und seine Eigenschaften - wie weiter unten noch gezeigt werden wird - geeignet, als ein sog. Applet ggf. zusammen mit dem Prozessmodell über das Internet oder über ein (hausinternes) Intranet übertragen zu werden. Die damit erzielte praktisch sofortige Verbreitung, Anpassung oder Modifikation bietet zusammen mit dem möglichen Simultanzugriff völlig neue Möglichkeiten, wobei insbesondere die simultane und sofortige Verbreitung resp. Publikation der erzeugten dynamischen Modelle über das Internet oder Intranet, völlig neuartige Anwendungen der Informationstechnologie innerhalb von Unternehmen und Verwaltungen ermöglicht. Einzelheiten ergeben sich aus dem weiter unten beschriebenen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0012] Die angesprochenen Prozessmodelle werden gemäss der Erfindung aus bereits existierenden Komponenten und/oder sog. Standardelementen in einfacher Weise graphisch durch Verbinden mit Pfeilen erstellt. Solche Komponenten können beispielsweise auch von einem elektronischen Katalog vom Internet oder einem Intranet heruntergeladen werden. Die Komponenten sind gemäss der Erfindung immer mit einer Umgebung ausgestattet, so dass sie vor dem Einsatz

animiert und somit auf ihre Eignung überprüft werden können.

[0013] Die genannten Standardelemente, d.h. die Grund-Baublöcke für den Anwender, mittels derer er/sie selbst neue Komponenten erstellen kann, werden aus nur wenigen (derzeit 3) fundamentalen Basiselementen, sog. Quarks, erstellt. Dadurch wird die Erstellung von kunden- oder anwendungsspezifischen Sätzen oder Paletten von Standardelementen signifikant vereinfacht, ohne das System selbst anpassen zu müssen.

[0014] Zwar werden z.Z. einfache, eher akademische Beispiele dynamischer Systeme der genannten Art (DEDS) wissenschaftlich behandelt, aber beispielsweise ganze Unternehmen oder auch Teile davon können mit diesem theoretischen Ansatz wegen ihrer Komplexität nicht angegangen werden. Dazu kommt, dass z.B. bei der Untersuchung von Unternehmensprozessen vor allem Wirtschaftswissenschaftler tätig sind, die wenig vertraut sind mit Lösungen, die die (technische) Automatik zu bieten hätte. So sind auch die heute existierenden Werkzeuge in erster Linie Dokumentationshilfen, mit denen man umfangreiche Prozessdokumentationen erstellen kann, die aber kaum für die Gestaltung, Optimierung und Steuerung der erwähnten informationstechnischen Systeme in enger Kopplung verwendbar sind. Um solche DEDS-Systeme analysieren und optimieren zu können, braucht man simulierbare, theoretisch fundierte Modelle davon.

[0015] Im nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiel wird die Integration eines neuen Tools gemäss der Erfindung in ein Workflow- oder ERP (Enterprise Resource Planning)-System dargestellt. Mittels eines derartigen Tools kann nicht nur ein DEDS-Prozess optimiert werden, sondern es ist auch ein Werkzeug zum Workflow-Design und Workflow-View, mit dem man laufend den System-Zustand verfolgen und/oder das System anpassen kann.

#### Ausführungsbeispiel der Erfindung

[0016] In den Figuren zum beschriebenen Ausführungsbeispiel zeigen

Fig. 1 eine Übersicht über ein System gemäss der Erfindung

Fig. 2 verschiedene Abstraktionsebenen des Tools gemäss der Erfindung

Fig. 3 ein mittels "Quarks" definiertes Standardelement "Schritt"

Fig. 4 Prozessdarstellung auf einem Display

[0017] Nachfolgend wird nun ein Beispiel für eine Prozessmodellierung und Simulation mittels des erfindungsgemässen Tools beschrieben. Der Formalismus, auf dem das neue Tool basiert, geht letztlich auf Petri-

Netze zurück, aber das sei hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt; für das Verständnis der Funktion ist es nicht erforderlich. Solche Petri-Netze wurden z.B. von W. Reisig in "Petri-Netze", Springer Verlag Berlin, Heidelberg, 1982, beschrieben.

[0018] Der Übersichtlichkeit halber sei hier eine Bezugszeichenliste eingefügt:

#### Bezugszeichenliste

[0019]

Fig. 1

- 1 Simulator
- 2 Schnittstelle
- 3 realer Prozess
- 4 Intra-/Internet
- 5 Webserver

Fig. 2

- 21 Quark-Maschine
- 22 Quark-Ebene
- 23 Standardelemente-Ebene
- 24 Komponenten-Ebene

Fig. 3

- 31 Eingangsobjekt(e)
- 32 Standardelement
- 33 Ausgangsobjekt(e)
- 34a, 34b Speicher-Quark(s)
- 35a, 35b Nebenpfad(e)
- 36a Synchronisations-Quark(s)
- 37a, 37b Mapping-Quark(s)
- 38 ein Ressourcenspeicher

Fig. 4

- 41a bis 41g Pfeile (Objektfluss)
- 42a bis 42c zu bearbeitende Objekte
- 43 ein Ressourcenspeicher mit "Füllstandsanzeige"
- 44 Sonde

[0020] Fig. 1 zeigt eine schematische Übersicht über ein System gemäß der Erfindung. Im Simulator 1, üblicherweise ein Computer oder Computernetzwerk geeigneter Grösse und Geschwindigkeit, läuft das Prozessmodell ab. Der Simulator 1 kann über eine oder mehrere Schnittstellen 2 an den realen Prozess 3 gekoppelt werden. Letzterer kann beispielsweise der Ablauf einer technischen Entwicklung im Entwicklungslabor eines Industrieunternehmens oder der (technische) Ablauf in einer Kraftfahrzeugzulassungsstelle oder der Zahlungsverkehr-Ablauf einer Bank sein.

[0021] Die gezeigten Schnittstellen 2 übertragen zu-

mindest in einer Richtung Daten, die ausreichen, um im Simulator 1 ein synchron laufendes Abbild des realen Prozesses zu erstellen. Vorzugsweise sind die Schnittstellen 2 jedoch bidirektional ausgebildet, so dass sowohl eine Datenübertragung vom realen Prozess 3 zum Simulator 1, als auch vom Simulator 1 zum realen Prozess 3 möglich ist. Beides erfolgt vorzugsweise über einen einfachen Datenaustausch, z.B. mittels XML-Dokumenten, wie oben bereits erwähnt, d.h. die Prozessmodell-Daten werden beispielsweise direkt als XML-Dokument vom Simulator 1 an den realen Prozess 3 weitergegeben; umgekehrt kann der reale Prozess 3 XML-Daten an den Simulator 1 zurückliefern. In der ersten Richtung wird damit das Verhalten des realen Prozesses beeinflusst, während in der Rückführung eine Abbildung des Zustandes vom realen Prozess 3 an den Simulator 1 erfolgt.

[0022] Dank der Anpassungsfähigkeit des neuen Tools an das den realen Prozess implementierende System und dem einfachen Export der Prozessmodell-Daten, z.B. als XML-Dokument, wird eine einfache und effiziente Kopplung zwischen dem simulierten Prozessmodell und dem realen Prozess erreicht - ohne komplexe Schnittstelle, die die Konvertierung der Daten in den beiden Richtungen vornimmt. Insbesondere bei Benutzung des Internet-Standards XML können die beiden Teilsysteme auch direkt über das Internet gekoppelt werden.

[0023] Die Schnittstellen können auch beeinflussbar ausgebildet sein, so dass je nach gewünschter Funktion entweder eine Überwachung des realen Prozesses oder eine vom realen Prozess abgekoppelte Simulation oder eine Beeinflussung des realen Prozesses vom Prozessmodell aus möglich sind bis hin zur vollständigen Steuerung des realen Prozesses durch das Prozessmodell. Auch sind Kombinationen dieser drei grundsätzlichen Betriebsarten möglich. Insgesamt stellt das erfindungsgemässe System ein völlig neues Software-Tool für die Simulation und/oder Optimierung und/oder Steuerung und Beeinflussung von realen Prozessen diskreter Ereignisse dar.

[0024] Die Visualisierung sowohl eines zu simulierenden wie eines realen Prozesses erfolgt durch die graphische Darstellung des Prozessmodells, das mit Hilfe des Simulators 1 animiert und so leicht verständlich gemacht werden kann. Das Prozessmodell im Simulator 1 lässt sich beispielsweise auch als Java-Applet exportieren und kann so über einen Webserver 5 auf dem Intra-/Internet 4 in dynamischer Form publiziert werden, womit das Modell an praktisch beliebigen Orten in einen Internet-Browser heruntergeladen und in diesem animiert resp. simuliert werden kann. Wird nun beispielsweise im Modell-Applet auf dem Webserver 5 laufend der Zustand des realen Prozesses nachgeführt, so ist auch diese Information über das Intra-/Internet 4 an beliebiger Stelle einer beliebigen Anzahl von Leuten zugänglich gemacht.

[0025] Wie oben bereits angedeutet, sind vorzugs-



weise die im Simulator 1 simulierten Prozessmodelle ganz oder teilweise aus Komponenten aufgebaut, die z. B. von einem elektronischen Katalog über das Intra-/Internet 4 bezogen werden können; neu erstellte Komponenten können dann wiederum über dieses Intra-/Internet 4 in den erwähnten Katalog abgespeichert werden.

**[0026]** Fig. 2 zeigt die Abstraktionsebenen des neuen Tools. Ganz unten liegt die "Quark-Maschine" 21 (der Begriff "Quark" wurde aus der Physik übernommen und wird hier im Sinne von "kleinster Grundbaustein" verwendet), d.h. die Maschine mit der die elementaren Bausteine, die Quarks, simuliert werden. Diese Quarks sind dem Benutzer üblicherweise nicht zugänglich, sie dienen ausschliesslich der Definition von Standardelementen, mit denen der Benutzer seine Modelle, resp. Modellkomponenten, aufbauen kann. Die vom Tool durchgeführte Simulation basiert auf diesen Quarks, es wird sozusagen auf der Quark-Ebene 22 simuliert. Daher muss der Simulator nicht geändert werden, wenn eine neue Palette von Standardelementen (aus diesen Quarks) definiert wird. Im gezeigten Ausführungsbeispiel werden nur drei Quarks benötigt, um die erforderlichen Standardelemente effizient definieren zu können.

**[0027]** Die drei hier benutzten Quarks sind weiter unten im Zusammenhang mit Fig. 3, das ein aus solchen Quarks zusammengestelltes Standardelement "Schritt" zeigt, genauer beschrieben: das Speicher-Quark (SpeicherQ), das Synchronisations-Quark (SynchQ) und das Mapping-Quark (MapQ).

**[0028]** Auf dem Workflow-Gebiet wird man nun diejenigen Standardelemente definieren, die für die angestrebte Simulation oder Modellierung eines bestimmten Workflow-Systems nötig sind. Dies ist die nächsthöhere Ebene 23 in Fig. 2. Mehrere Standardelemente werden nun zu einer sog. Element-Palette im Tool zusammengefasst, mit der Modell-Komponenten - Ebene 24 - erstellt werden können, wobei neue Komponenten neben Standardelementen auch bereits existierende Komponenten enthalten können. In diese neuartigen graphischen Modellkomponenten, hier auch "IvyBeans" genannt, lassen sich beispielsweise auch sog.

**[0029]** JavaBeans einbinden. Letztere sind in Java (einer von SUN Microsystems entwickelten Programmiersprache, siehe z.B. "The Java Programming Language" von Arnold Gosling, Addison Wesley, 1996, oder "How to program JavaBeans" von P. Coffee, M. Morrison, R. Weems, J. Leong, ZD Press, 1997) geschriebene Software-Komponenten.

**[0030]** Ein grosser Vorteil der IvyBeans ist, dass sie im Tool sofort zu komplexen Prozessmodellen zusammen verbunden werden können; der entscheidende Vorteil der JavaBeans ist ihre wachsende Zahl und gute Verfügbarkeit über das Internet.

**[0031]** Im Normalfall wird ein Prozessmodell nun aus Standardelementen, IvyBeans und möglicherweise JavaBeans zusammengesetzt sein, wie in der obersten Abstraktionsebene in Fig. 2 angedeutet wird.

**[0032]** Nachfolgend sei mit Bezug auf Fig. 3 Struktur

und Funktion eines Standardelements näher erläutert. Fig. 3 zeigt das Standardelement "Schritt" (Step) 32, d. h. eine einzelne Aktivität innerhalb eines typischen Workflow-Prozesses. Diese Aktivität erzeugt aus mindestens einem Eingangsobjekt 31, z.B. einer Bestellung, üblicherweise unter Verwendung eines oder mehrerer Ressourcenobjekte, z.B. aus einem Ressourcenspeicher 38, transformierte Ausgangsobjekte 33, z.B. ein Maschinenteil oder ein Dokument. Eingehende Eingangsobjekte 31 werden einer Eingangswarteschlange (Queue) 34a zugeführt. Über einen ersten Nebenpfad 35a können andere Objekte, z.B. Daten-Objekte, aus einem Speicher (nicht dargestellt) zur Verarbeitung geholt oder über einen zweiten Nebenpfad 35b in einen solchen Speicher abgelegt werden.

**[0033]** Für die Definition des in diesem Standardelement 32 durchzuführenden Prozess-Schritts werden - wie oben bereits erwähnt - nur drei Quarks benötigt, das Speicher-Quark, das Synchronisations-Quark (SynchQ) und das Mapping-Quark (MapQ). Nachfolgend sind deren Funktionen genauer beschrieben.

- SpeicherQ 34a: Dieses erste Quark modelliert die Eingangswarteschlange 34, d.h. bildet sie ab. Die Kapazität bestimmt die mögliche Länge der Warteschlange, der Delay die sog. Liegezeit.
- SynchQ 36a: Durch dieses Synchronisations-Quark werden die an den Eingängen des Standardelements bereitstehenden Objekte 31 und 35a synchronisiert, d.h. diese Objekte müssen gleichzeitig bereitstehen, damit dieser Schritt durchgeführt werden kann. Ausserdem kann durch Filtern eine Auswahl der in der Warteschlange zur Verarbeitung bereitstehenden Objekte 31 getroffen werden, indem beispielsweise aus der Warteschlange zuerst das Objekt 31 mit dem grössten Wert eines vorgegebenen Attributs herausgefiltert und verarbeitet wird. Ressourcen werden nun z.B. in einem Ressourcenspeicher 38, reserviert, d.h. die entsprechende Ressource wird blockiert und kann nicht gleichzeitig von einer anderen Aktivität verwendet werden. Über den bereits genannten Nebenpfad 35a können zudem Daten-Objekte aus einem (nicht gezeigten) Daten-Speicher zur Verarbeitung in das Standardelement geholt werden.
- MapQ 37a: Dieses erste Mapping-Quark bestimmt die für Verarbeitung vorgesehene Zeitdauer, also die durch die Verarbeitung eintretende Verzögerung (delay).
- SpeicherQ 34b: Dieses zweite Speicher-Quark bestimmt die Anzahl der Objekte, die gleichzeitig in Bearbeitung sein können (in execution). Die Kapazität und die Liegezeit (delay) dieses SpeicherQ bestimmen Grad der gleichzeitigen Bearbeitung (z.B. Anzahl paralleler Arbeitsplätze) und die Zeit zum

Ausführen des Schritts.

- MapQ 37b: Dieses zweite Mapping-Quark transformiert die Attributwerte des Eingangsobjekts, d.h. "produziert" das gewünschte Ausgangsobjekt. Es gibt auch eingesetzte Ressourcen wieder frei, z.B. aus dem Ressourcenspeicher 38. Dieses Quark hat zusätzlich noch Ausgangsbedingungen, die zwar für das Element "Schritt" nicht verwendet werden, aber bei der Definition anderer Standardelemente nötig sein können.

**[0034]** Zusammenfassend lässt sich sagen, dass mittels des in Fig. 3 gezeigten Standardelements 32 ein relativ komplexes Element durch sinnreiche Verwendung weniger elementarer Bausteine, der sog. Quarks, in Software implementiert werden kann. Der Vorteil dieses universell anwendbaren Lösungsansatzes für die Implementierung wie für die Simulation liegt auf der Hand, da mit nur wenigen - drei im Ausführungsbeispiel - Quarks alle vorkommenden Aufgaben gelöst werden können; d.h. man kann die Modelliermöglichkeiten ändern ohne den Simulator ändern zu müssen.

**[0035]** Auf der nächsten Abstraktionsebene 24, vgl. Fig. 2, werden aus solchen Standardelementen Komponenten zusammengestellt, ggf. zusammen mit anderen vorgegebenen Komponenten, sog. "IvyBeans". Auch sog. Java Beans, die für die vorliegende Anwendung geeignet sind, können in das Modell eingebunden werden.

**[0036]** Die computergesteuerte Zusammenstellung einer Komponente erfolgt mit Hilfe des graphischen Tool-Editors durch einfaches Verbinden und durch Ausfüllen vorgegebener Masken, z.B. für numerische Wertangaben.

**[0037]** Komponenten können top-down erzeugt werden, d.h. durch fortschreitendes Zusammenfassen eines flachen Simulations-Modells oder bottom-up, d.h. man kreiert erst gewisse Komponenten (oder holt sie aus dem Komponentenkatalog) und baut damit ein Modell oder einen Teil eines Modells auf.

**[0038]** Nach dem Zusammenstellen einer Komponente kann diese (durch Wahl eines entsprechenden Menü-Punktes) einem Katalog zugefügt werden, wodurch sie wiederverwendbar wird. Auch können, im Sinne des objekt-orientierten Programmierens, davon parametrisierbare Instanzen erhalten werden. Die im Katalog vorhandenen Komponenten erscheinen für den Benutzer bildschirmmäßig auf einer Element-Palette und können ebenso einfach wie Standardkomponenten in das Modell eingesetzt und durch Pfeile verbunden werden.

**[0039]** Mittels der Komponenten wird die Darstellung eines Prozesses - und damit der Prozess gewissermaßen selbst - hierarchisch gegliedert; die oberste Sicht zeigt meist nur die Komponenten. Eine solche Sicht ist in Fig. 4 gezeigt, die nachfolgend kurz beschrieben werden soll.

**[0040]** Bei der in Fig. 4 dargestellten Ansicht eines graphischen Prozessmodells läuft der Objektfluss über die Pfeile 41a bis 41g. Jedes der Objekte 42a bis 42c gehört einer Objektklasse an und repräsentiert eine Realität, die im realen Prozess be- oder verarbeitet, bzw. gebraucht wird. Beispielsweise sind dies auf einem typischen Kontrollpfad häufig Ereignisse, Meldungen, Anweisungen; erzeugt werden daraus, meist zusammen mit Ressourcen, neue Ereignisse, Dokumente, Teilprodukte, etc. Den Eingang bildet ein Bestellgenerator, am Ende befindet sich ein simuliertes Lager.

**[0041]** Eine der Ressourcen vom Ressourcenspeicher 43, z.B. ein Mitarbeiter oder eine Einrichtung, kann per Name für einen Schritt (z.B. Bestelleingang) reserviert und bei Abschluss wieder freigegeben werden. Darauf wird weiter unten noch eingegangen werden.

**[0042]** Jedes Objekt hat ein oder mehrere Attribute, deren Anzahl und Typ in einer Objektklasse festgelegt werden. Die Werte dieser Attribute können im Prozess verändert werden: so kann z.B. in einem Schritt das Attribut Bearbeitungszeit um die Ausführungszeit erhöht werden, oder es werden laufend die Kosten zu einem Kostenattribut addiert, beispielsweise zur Prozesskosten-Erfassung.

**[0043]** Typische Attribute von Ressourcen-Objekten sind Kostensatz, Qualifikation, akkumulierte Zeit (z.B. bei einem Mitarbeiter) - oder bei einer Werkzeugressource Maximalbelastung, Standzeit, Einsatzdauer, etc. Eine nahezu beliebige Transformation der Attributwerte wird dadurch ermöglicht, dass, ähnlich wie in Tabellenprogrammen, Ausdrücke auf einer assoziierten Maske eingegeben werden können.

**[0044]** Mit einem Pfeil lassen sich auch Ressourcenspeicher direkt verbinden, womit eine hierarchische Organisation von Ressourcen angegeben werden kann: Wird eine Ressource aus einem Speicher auf höherer Ebene gewünscht, wird der ganze darunterliegende Baum von Speichern auf die gewünschte Ressource abgesucht.

**[0045]** Die Komponente "Spezialproduktion" des in Fig. 4 gezeigten Beispiels ist im sog. Transparenzmodus dargestellt, d.h. man sieht sozusagen in die Komponente hinein und erkennt die drei Standardelemente "Konstruktion", "Dokumentation" und "Fertigstellung". In den Schrittmasken, die per Kontextmenü einfach zu öffnen sind, kann man z.B. Liegezeit, Ausführzeit und/oder Werttransformation angeben. Dabei braucht der Benutzer die Definition der Standardelemente mittels Quarks, wie oben beschrieben, nicht zu kennen.

**[0046]** Wie bereits erwähnt, ist in Figur 4 auch ein weiterer Ressourcenspeicher 43 für Mitarbeiter als Beispiel modelliert. Wie dessen punktierte Verbindungslinie zum Standardelement "Konstruktion" andeuten soll, wird der Ressourcenspeicher 43 sozusagen von diesem Standardelement gesteuert. Eine gegebene Konstruktionssaufgabe, die ja Arbeitszeit, d.h. den Einsatz eines Konstrukteurs benötigt, verringert den "Füllstand" des Ressourcenspeichers 43. Diese laufende Anzeige der Aus-

lastung bestimmter, vom Benutzer definierbarer Ressourcen ermöglicht eine schnelle und zielsichere Planung, da man auf einen Blick sieht, ob bestimmte Ressourcen vom Prozess schwach oder stark in Anspruch genommen werden, oder womöglich gar nicht mehr zur Verfügung stehen.

[0047] Als weiteres, unmittelbar einsichtiges Hilfsmittel können zeitliche Änderungen der Warteschlange beim Bestelleingang in Balken- oder anderen Diagrammen graphisch dargestellt werden (in Fig. 4 nicht gezeigt). Zur Anzeige solcher Simulationsergebnisse genügt es, in das zu registrierende Element per Maus eine Sonde 44 einzuführen. Auch Attributwerte von Objekten in einem Element lassen sich so anzeigen. Eine solche Sonde kann einfach mittels eines sog. I/O-Wizard spezifiziert werden.

[0048] Das beschriebene Simulations-Modell erlaubt die gleichzeitige Optimierung von Prozessablauf und Ressourcen-Allokation. Ein Grossteil heutiger informationstechnischer Systeme stellen eigentlich DEDS dar und lassen sich hervorragend mit einem Tool wie IvyFrame modellieren und spezifizieren. Man erhält eine ausführbare Spezifikation, die in klarer und präziser Form zeigt, wie sich das ganze System verhalten soll und dessen Dynamik sich leicht kommunizieren lässt.

[0049] Das vorliegende Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vollständig in Java implementiert und erlaubt daher einen einfachen und eleganten Export der ProzessModelle als Java-Applets, die sich direkt mittels eines Internet-Browser animieren lassen. Damit können z.B. innerhalb einer Firma auch komplexe Prozesse via Intranet zugänglich gemacht werden, quasi eine Art dynamischer Intra-/Internet-Publikation. Insbesondere bei Grossanwendern oder Anwendern mit weit verteilter Organisation, also beispielsweise bei einer grossen Verwaltung mit vielen Aussenstellen, können so auch komplexe, auszuführende Prozesse einfach, schnell und zuverlässig zugänglich gemacht werden.

[0050] Dazu können den Prozess-Elementen noch beliebige Dokumente zugewiesen werden, d.h. praktisch unbegrenzte Hilfsfunktionen zur Verfügung gestellt werden; so kann der Benutzer jederzeit per Mausklick relevante Angaben zum betreffenden Prozess-Schritt abrufen. Der (simulierte) Prozess steht sozusagen im Zentrum für jede weitere Informationsbeschaffung.

[0051] Wie oben bereits erläutert, erfolgt die Realisierung und Automatisierung des Prozesses durch ein entsprechendes informationstechnisches System mit einer XML-Schnittstelle (beispielsweise beschrieben von Simon St. Laurent in "XML - A Primer", MIS Press, 1998) zwischen dem Simulator oder Prozessmodell und dem realen Prozess. Damit kann, wie erläutert, das erfindungsgemässe System als Steuer- und Monitor-Paket integriert werden. Die damit erzielte, quasi modellbasierte "Feed Forward Control" bietet einzigartige Vorteile: ein solcher Ansatz z.B. in Workflow- oder Enterprise Resource Planning Systemen (ERP-Systeme) schafft leicht konfigurierbare, adaptive Lösungen, deren Dyna-

mik nur durch das Prozessmodell definiert wird. Damit ist das erfindungsgemässe System für den oder die Benutzer ein sehr übersichtliches, leicht bedienbares, aussergewöhnlich handliches Werkzeug

## Patentansprüche

1. Informationstechnisches System zur Steuerung von Prozessen, insbesondere von Prozessen, die aus Abläufen diskreter Ereignisse bestehen, mit einem Prozessmodell und einem realen Prozess, dadurch gekennzeichnet, dass
  - Prozessmodell und realer Prozess informationstechnisch koppelbar sind,
  - das Prozessmodell unabhängig vom realen Prozess, insbesondere zur Simulation und/oder zur Optimierung von Prozessen und Prozessmodifikationen, betreibbar ist,
  - wahlweise ein im Prozessmodell realisierter Prozess ganz oder teilweise in den realen Prozess integrierbar ist.
2. Informationstechnisches System nach Anspruch 1, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass
  - das Prozessmodell eine visuelle, insbesondere animierte Darstellung des modellierten Prozesses liefert.
3. Informationstechnisches System nach Anspruch 2, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass
  - die visuelle, insbesondere animierte Darstellung des modellierten Prozesses in Form eines Java-Applets darstellbar und/oder exportierbar ist.
4. Informationstechnisches System nach Anspruch 2 oder 3, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass
  - das Prozessmodell aus Komponenten aufbaubar ist, die visuell dargestellt und durch einfaches Verbinden beispielsweise den Objektfluss im Prozess modellieren und/oder animieren.
5. Informationstechnisches System nach Anspruch 4, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass
  - die Komponenten des Prozessmodells aus Standardelementen und/oder bereits existierenden Komponenten aufgebaut sind, wobei die Standardelemente aus wenigen, vorzugsweise drei, fundamentalen Basiselementen bestehen zur Erstellung von einzelnen oder von Gruppen anwenderspezifischer Standardelemente, sog. Standardelement-Paletten.

6. Informationstechnisches System nach mindestens einem der Ansprüche 3 bis 5, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass

- die Komponenten des Prozessmodells mit einer Umgebung versehen werden, so dass sie durch Animation inspizierbar sind. 5

7. Informationstechnisches System nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass 10

- bereits existierende Komponenten des Prozessmodells von einem elektronischen Katalog über ein Netzwerk, insbesondere Intra-/Internet, zur Verfügung stehen, resp. dort abgelegt werden können und/oder 15
- sog. JavaBeans aus einer Sammlung solcher Software-Komponenten einfach in Komponenten eingebunden werden können. 20

8. Informationstechnisches System nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass 25

- die Schnittstelle, über die Prozessmodell und realer Prozess miteinander vorzugsweise direkt koppelbar sind, als standardisierte Schnittstelle, insbesondere als XML-Schnittstelle ausgebildet ist. 30

9. Informationstechnisches System nach Anspruch 8, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass

- die Schnittstelle bidirektional ausgebildet ist, so dass insbesondere sowohl ein im Prozessmodell realisierter Prozess ganz oder teilweise in den realen Prozess integrierbar ist als auch ein realer Prozess ganz oder teilweise im Prozessmodell abbildbar ist. 35 40

10. Informationstechnisches System nach Anspruch 8, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass

- über die Schnittstelle das Prozessmodell zum Monitoring, insbesondere als Realzeitmonitor des Zustands und/oder Ablaufs des realen Prozesses einsetzbar ist. 45

11. Informationstechnisches System nach Anspruch 8, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass 50

- über die Schnittstelle das Prozessmodell die Steuerung des realen Prozesses teilweise oder vollständig übernehmen kann. 55

12. Verfahren zum Betrieb eines informationstechnischen Systems zur Modellierung, Simulation, Opti-

mierung und/oder Steuerung sogenannter diskreter Prozesse mit einem Prozessmodell, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Prozessmodell über mindestens eine Schnittstelle mit einem realen Prozess informationstechnisch koppelbar ist,
- das Prozessmodell in mindestens zwei Modi betreibbar ist,
- einerseits unabhängig vom realen Prozess, insbesondere zur Simulation und/oder zur Optimierung von Prozessmodifikationen,
- andererseits abhängig vom realen Prozess, insbesondere zum Monitoring des realen Prozesses.

13. Verfahren nach Anspruch 12 zum Betrieb eines informationstechnischen Systems, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass

- wahlweise simulierte und/oder optimierte Prozessmodifikationen in einem dritten Modus über die Schnittstelle ganz oder teilweise in den realen Prozess übertragbar und/oder integrierbar sind.

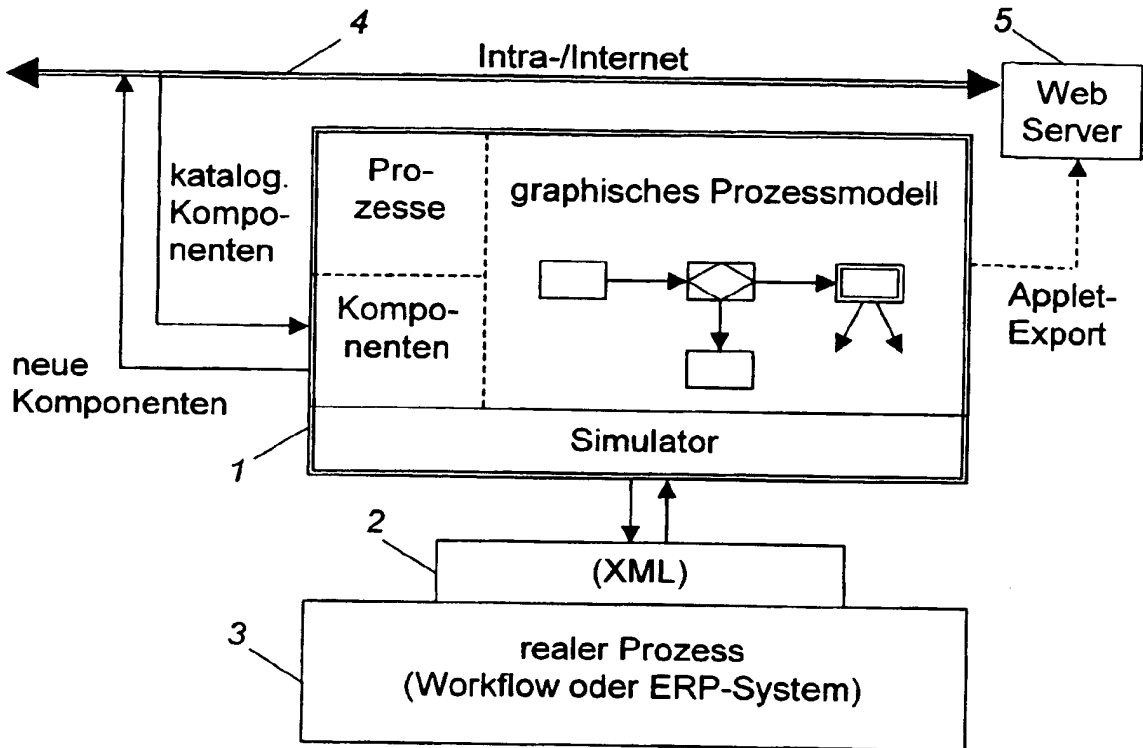


Fig. 1

Komponenten, ganze Modelle	<u>24</u>
Standardelemente	<u>23</u>
Quark-Ebene	<u>22</u>
Quark-Maschine (Simulator)	<u>21</u>

Fig. 2

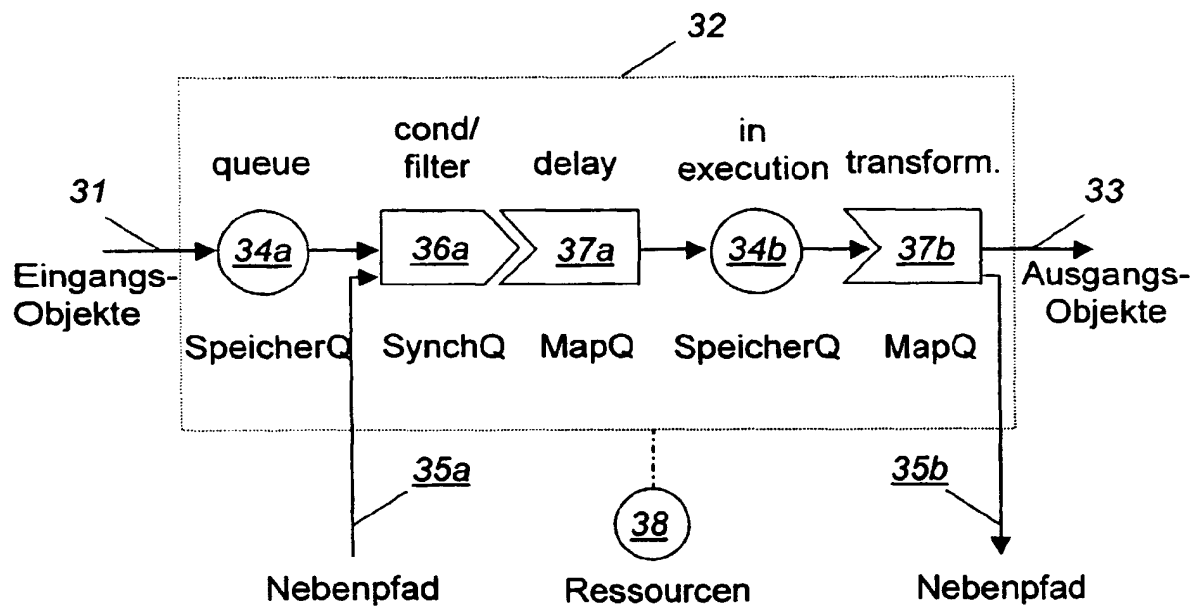


Fig. 3

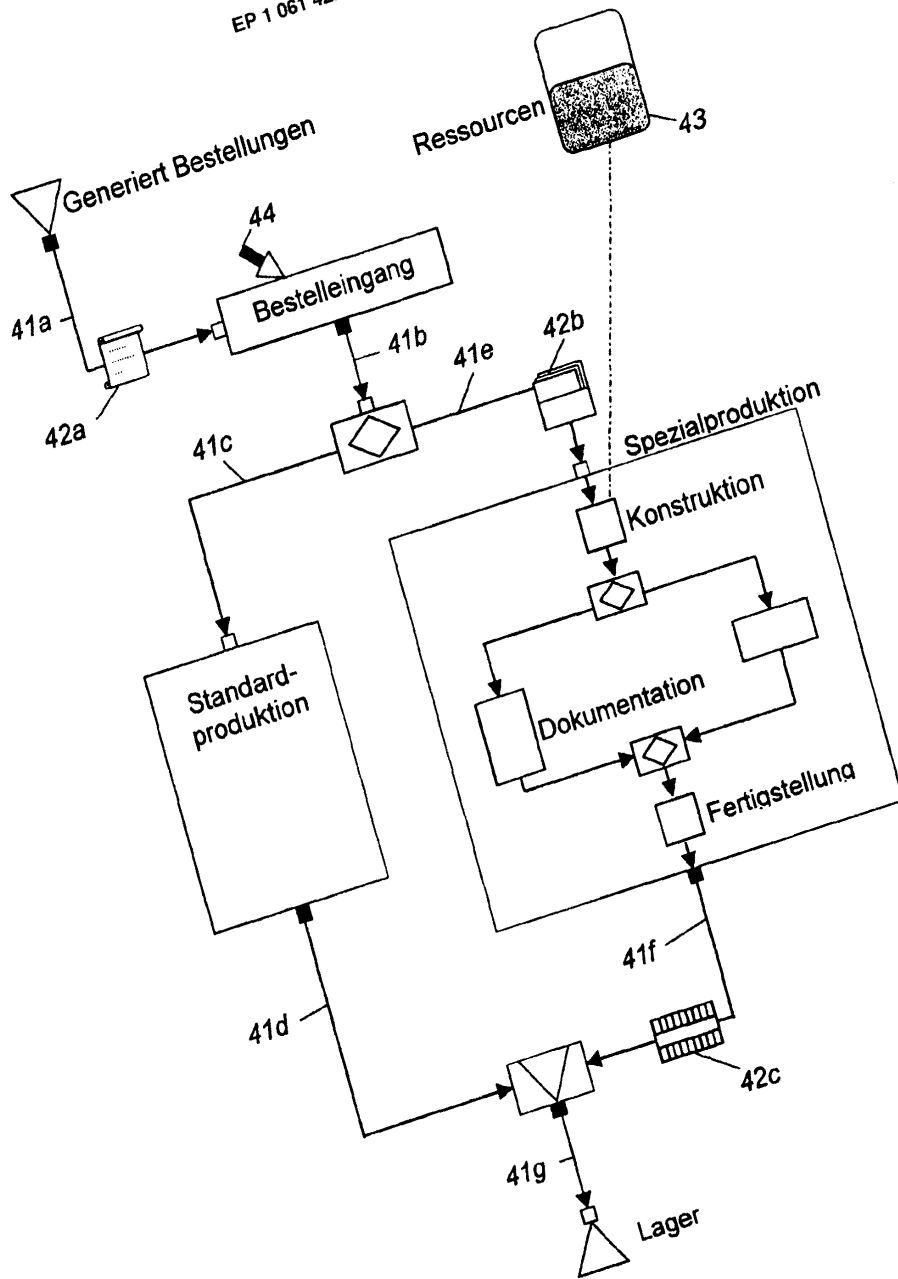


Fig. 4



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 99 81 0520

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	US 5 659 467 A (VICKERS KENNETH G) 19. August 1997 (1997-08-19) * das ganze Dokument *	1,12	G05B17/02
A	DE 196 39 424 A (SIEMENS AG) 27. März 1997 (1997-03-27) * das ganze Dokument *	1,12	
A	US 5 495 417 A (MIURA KAZUYUKI ET AL) 27. Februar 1996 (1996-02-27) * Abbildungen 1,2 *	1,12	
D,A	US 4 965 742 A (SKEIRIK RICHARD D) 23. Oktober 1990 (1990-10-23) * Abbildungen 1,2 *	1,12	
A	BALL S: "XML SUPPORT FOR TCL" PROCEEDINGS OF THE SIXTH ANNUAL TCL/TK CONFERENCE, 18. September 1998 (1998-09-18), Seiten 109-119-119, XP000856637 USA * das ganze Dokument *	1,8	
A	P.MARTIN : "THE DEVELOPMENT OF AN OBJECT-ORIENTED, DISCRETE-EVENT SIMULATION LANGUAGE USING JAVA" PROCEEDINGS, ASIA PACIFIC SOFTWARE ENGINEERING CONFERENCE AND INTERNATIONAL COMPUTER SCIENCE CONFERENCE, 2. Dezember 1997 (1997-12-02), Seiten 123-130, XP000856666 HONG KONG * das ganze Dokument *	1,3,7	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) G05B
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>8. Dezember 1999</b>	Prüfer <b>Kelperis, K</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 23.82 (P04C03)





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 99 81 0520

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	D.NICOL ET AL: "THE IDES FRAMEWORK: A CASE STUDY IN DEVELOPMENT OF A PARALLEL DISCRETE-EVENT SIMULATION SYSTEM" PROCEEDINGS OF THE 1997 WINTER SIMULATION CONFERENCE, 7. Dezember 1997 (1997-12-07), Seiten 93-99, XP000857125 USA * das ganze Dokument *	1,12	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>8. Dezember 1999</b>	
		Prüfer <b>Kelperis, K</b>	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/92 (P4/C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 99 81 0520

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 08-12-1999.  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

08-12-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5659467	A	19-08-1997	KEINE		
-----					
DE 19639424	A	27-03-1997	WO	9712301 A	03-04-1997
			EP	0852759 A	15-07-1998
-----					
US 5495417	A	27-02-1996	JP	5266029 A	15-10-1993
			JP	6110894 A	22-04-1994
			JP	5216896 A	27-08-1993
			JP	6252236 A	09-09-1994
			JP	6260380 A	16-09-1994
			JP	6176994 A	24-06-1994
			US	5694325 A	02-12-1997
			JP	5151231 A	18-06-1993
-----					
US 4965742	A	23-10-1990	AU	2606788 A	18-04-1989
			CA	1297560 A	17-03-1992
			EP	0335957 A	11-10-1989
			JP	2501420 T	17-05-1990
			WO	8903092 A	06-04-1989
-----					

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82